Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences des écosystèmes et des océans | Ecosystems and Oceans Science
Région du Pacifique
Secrétariat canadien de consultation scientifique
Réponse des Sciences 2016/044

EXAMEN DES MÉTHODES DE RELEVÉS D'ORMEAU NORDIQUE PAR PLONGÉE EFFECTUÉS EN COLOMBIE-BRITANNIQUE

Contexte

Depuis 1978, Pêches et Océans Canada (MPO) réalise des relevés d'ormeau nordique (*Haliotis kamtschatkana*) en Colombie-Britannique (C.-B.) en se servant de la méthode de Breen (Breen et Adkins 1979), la première méthode utilisée dans le cadre de la pêche commerciale pour évaluer les populations dans les sites repères. Depuis 2001, deux nouvelles méthodes ont été élaborées, soit celle des transects aléatoires (Lessard *et al.* 2002) et celle des parcelles (Lessard *et al.* 2007). Chacune d'entre elles a été mise au point en fonction d'objectifs différents tels que la surveillance à long terme, les évaluations de répartition de la population, la surveillance des impacts environnementaux et le suivi des travaux de rétablissement. Ces trois méthodes permettent d'estimer la densité de population de l'ormeau nordique selon une certaine marge d'erreur, mais elles ont toutes des avantages et des inconvénients.

Il est essentiel de définir les objectifs du relevé pour en choisir la mieux adaptée (Breen, transect ou parcelle). Puisque chacune a été mise au point pour répondre à des questions spécifiques, aucune d'entre elles n'est meilleure que les autres. Par contre, certaines conviennent mieux à certains types de questions. Une fois les objectifs définis, on peut choisir la méthode la mieux adaptée aux besoins et concevoir le relevé (c.-à-d. choisir les emplacements de relevé). Le présent rapport offre un aperçu de chaque méthode, expose leurs forces et faiblesses et examine leur applicabilité et leur pertinence par rapport à des objectifs de relevé spécifiques.

Le programme sur la *Loi sur les espèces en péril* (LEP) a sollicité des directives sur la sélection et l'emploi de méthodes de relevés appropriées pour l'ormeau nordique. Ces renseignements aideront les Premières Nations et les autres parties prenantes à réaliser des relevés de façon uniforme et efficace pour tirer des données permettant d'évaluer les densités de population et de surveiller le rétablissement des espèces. La présente réponse des Sciences permet de répondre aux objectifs suivants :

1. Décrire les méthodes actuelles du MPO pour faire des relevés d'ormeau nordique : méthode de Breen (Breen et Adkins 1979), méthode des transects (Lessard *et al.* 2002, 2007) et méthode des parcelles (Lessard *et al.* 2007).
2. Examiner les forces et les faiblesses de chaque méthode, et décrire à quelles situations chacune d'elles s'applique.
3. Fournir des directives sur les renseignements nécessaires à l'élaboration d'un relevé.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences du 11 mars 2016 sur l'Examen des méthodes du relevé scientifique de l'ormeau nordique de la Colombie-Britannique.

Renseignements de base

L'ormeau nordique (*Haliotis kamtschatkana*) est réparti de façon dispersée le long des côtes exposées ou semi-exposées allant du Nord de l'Alaska jusqu'à la Basse-Californie (McLean 1966; Geiger 1999; Comité sur la situation des espèces en péril au Canada [COSEPAC] 2009). En raison des résultats des relevés qui indiquaient que la population d'ormeau nordique avait diminué de 75 % (Farlinger 1990) à la fin des années 1990, en C.-B., la pêche de l'ormeau nordique a été fermée à tous : pêche des Premières Nations, pêche récréative et pêche commerciale. La fermeture n'ayant pas entraîné le rétablissement de la population, le COSEPAC a classé l'ormeau nordique comme espèce menacée au Canada en 1999 (COSEPAC 2000). En 2009, le COSEPAC a classé l'ormeau nordique comme espèce en voie de disparition en raison de son rétablissement faible, voire nul (COSEPAC 2009). L'ormeau nordique fait partie de la liste des espèces en voie de disparition de l'annexe 1 de la LEP.

Il occupe les habitats marins à fond dur (substrats rocheux ou grosses pierres) à échanges d'eau de mer modérés ou élevés (Sloan et Breen 1988). On le trouve principalement près des côtes, dans des eaux exposées ou semi-exposées, à une profondeur de moins de 10 m par rapport au zéro des cartes (Breen et Adkins 1979). L'ormeau nordique occupe donc une vaste gamme d'habitats le long de la côte de la C.-B. (Sloan et Breen 1988).

Lessard *et al.* (2007) ont élaboré une liste d'indicateurs physiques et biologiques de l'habitat de l'ormeau nordique (présentés en ordre d'importance).

Indicateurs physiques :

1. substrat primaire constitué d'une couche rocheuse ou de grosses pierres;
2. salinité normale (pas une faible salinité comme celle observée près d'embouchures);
3. habituellement moins de 10 m de profondeur par rapport au zéro des cartes;
4. bons échanges d'eau (courants de marées ou action des vagues);
5. substrat secondaire : il peut y avoir une certaine quantité de galets, mais peu ou pas de gravier, de sable, de vase ou de coquilles.

Indicateurs biologiques :

1. présence d'algues corallines incrustantes (p. ex. *Lithothamnium*);
2. présence d'oursins (*Strongylocentrotus franciscanus*, *Strongylocentrotus droebachiensis*), de turbos rouges *(Lithopoma gibberosa)* et d'étoiles de mer;
3. présence de varech : particulièrement les espèces *Nereocystis*, *Macrocystis*, *Pterygophora* ou *Laminaria*;
4. présence ou absence d'ormeau nordique.

Généralement, les ormeaux nordiques adultes vivent sur des substrats rocheux exposés (à la vue de tous), alors que les juvéniles occupent plutôt des habitats cryptiques comme des crevasses rocheuses ou des espaces situés sous de grosses pierres et des algues corallines géniculées. Toutefois, il se peut que ces indicateurs généraux changent en raison du rétablissement des populations de loutres de mer (*Enhydra lutris*) le long de la côte de la C.-B., où les ormeaux nordiques adultes occupent des habitats cryptiques lorsqu'il y a présence de loutres de mer (Lessard *et al.* 2007). Sauf pour les emplacements de relevés, il n'y a habituellement pas suffisamment de données sur la répartition et l'abondance de l'ormeau nordique le long de la ligne de côte de la C.-B. (Lessard *et al.* 2007).

Le MPO utilise principalement trois méthodes pour évaluer les populations d'ormeaux nordiques : méthode de Breen (Breen et Adkins 1979), méthode des transects aléatoires (Lessard *et al.* 2002) et méthode des parcelles (Lessard *et al.* 2007). Chaque méthode a été élaborée pour différentes applications et a ses propres forces et faiblesses.

Définition des termes utilisés dans cette publication

1. **Emplacement de relevé :** tout endroit où un relevé est effectué selon la méthode de Breen, des transects ou des parcelles.
2. **Site :** ligne de côte continue où il y a des emplacements de relevé. Par exemple, une ligne de côte continue de moins de 2 km (Lessard *et al.* 2002).
3. **Secteur :** zone englobant plusieurs sites. Par exemple, les secteurs de gestion des pêches du Pacifique ou des sous-secteurs.
4. **Région :** en C.-B., on a établi cinq régions, ou zones biogéographiques, pour l'ormeau nordique en fonction de critères environnementaux, de gestion ou biologiques (MPO 2012). Ces régions comprennent les eaux de la zone intertidale et de la zone infratidale entourant les zones terrestres suivantes :
    a. Haida Gwaii;
    b. côte centrale et côte nord (Cape Caution jusqu'à la frontière avec l'Alaska);
    c. détroits de Johnstone et de Queen Charlotte (passage Seymour près de l'île Quadra jusqu'à Cape Caution);
    d. bassin de Géorgie (pointe San Juan jusqu'au passage Seymour près de l'île Quadra);
    e. côte ouest de l'île de Vancouver (pointe San Juan jusqu'aux îles Scott).
5. **Ormeaux nordiques exposés :** ormeaux nordiques situés sur le dessus et les côtés des roches et dans les crevasses et détectés à des fins d'évaluation d'un stock par les plongeurs sans retourner les roches.
6. **Ormeaux nordiques cryptiques :** ormeaux nordiques ne pouvant être observés par les plongeurs à des fins d'évaluation d'un stock sans déplacer le substrat (c.-à-d. retourner les roches).
7. **Profondeur par rapport au zéro des cartes :** Profondeur de plongée corrigée par rapport à une hauteur de marée de 0 m (c.-à-d. profondeur de plongée moins la hauteur de la marée)

Évaluation

Aperçu des méthodes de relevé

1) Méthode de Breen

La méthode de Breen a été mise au point à la fin des années 1970 pour déterminer les sites repères à utiliser afin de surveiller les populations d'ormeaux nordiques au fil du temps en raison de la pêche commerciale (Breen et Adkins 1979). Elle a été employée dans plusieurs secteurs de la côte nord de la C.-B. Pour chacun d'eux, plusieurs emplacements de relevé ont été sélectionnés (Hankewich *et al.* 2008; Hankewich et Lessard 2008). La plupart des relevés ont été réalisés dans le Nord de la C.-B., là où, historiquement, se fait le gros de la pêche commerciale d'ormeaux nordiques de cette province et aux endroits où on le croyait le plus

abondant (Sloan et Breen 1988). En conséquence, les résultats de ces relevés ont été utilisés par le MPO et d'autres groupes, notamment le COSEPAC, pour prendre des décisions de gestion. La procédure de relevé était conçue pour produire le plus grand nombre de données le plus rapidement possible, ce qui permettait de couvrir une grande partie des zones de pêche commerciale de la côte centrale, de la côte nord et de Haida Gwaii (Breen et Adkins 1979). Les relevés périodiques effectués aux mêmes endroits tous les 4 à 5 ans, depuis 1978, génèrent des données temporelles permettant de surveiller les tendances à long terme des populations. Les emplacements de relevé ont tout d'abord été sélectionnés dans des secteurs où l'ormeau nordique se trouvait en suffisamment grande quantité pour être pêché et où il y avait de la pêche intensive avant les fermetures dans les années 1990. Dans les années 2000, de nouveaux sites repères ont été choisis de manière aléatoire dans d'autres secteurs de la côte, et seuls ceux où se trouvait l'habitat de l'ormeau nordique ont été retenus (Atkins et Lessard 2004; Egli et Lessard 2011). Chaque emplacement de relevé lié à la méthode de Breen comporte seize quadrats de 1 x 1 m (figure 1). Ce format est employé parce que les limites de confiance des estimations de densité de population sont acceptables et qu'il permet de réaliser le relevé en effectuant des opérations de plongée d'une ampleur raisonnable (Breen et Adkins 1979). Il faut sélectionner de nombreux emplacements pour suivre la méthode de Breen; toutefois, on ne connaît pas le nombre idéal d'emplacements. Le nombre d'emplacements de relevés varie de six à douze pour les relevés réalisés par le MPO avec cette méthode. Cette méthode étudie l'habitat de l'ormeau nordique seulement et permet d'estimer la densité de population pour les habitats d'ormeaux nordiques de qualité moyenne à élevée. Il n'est pas possible d'extrapoler les résultats pour tous les secteurs de la côte.

Les projets de relevés effectués avec la méthode de Breen comprennent :

1. Estimation de la densité aux sites repères d'ormeaux nordiques du MPO;
2. cartographie de la répartition de l'ormeau nordique dans un secteur ou une région;
3. évaluation rapide de la densité de la population d'ormeaux nordiques dans un secteur ou un emplacement.

2) Méthode des transects aléatoires

La méthode des transects aléatoires a été utilisée de façon intensive en C.-B. pour évaluer les stocks de mollusques et de crustacés tels que l'oursin (Leus *et al.* 2014; Waddell *et al.* 2014), le concombre de mer (Duprey *et al.* 2011) et le panope du Pacifique (Bureau *et al.* 2012). La méthode des transects aléatoires a aussi été utilisée pour évaluer les populations d'ormeaux nordiques pour des sections de ligne de côte d'environ 5 km de long ou moins (Cripps et Campbell 1998). En 2002, le protocole de cette méthode a été officiellement adopté (Lessard *et al.* 2002). À l'origine, le but était d'estimer de façon objective la densité et la taille de la population d'ormeaux nordiques dans des secteurs sélectionnés pour des collectes de stocks de géniteurs afin de soutenir le rétablissement d'espèces.

Pour chaque relevé, plusieurs emplacements sont choisis aléatoirement et des lignes de transect sont placées perpendiculairement à la ligne de côte à partir des positions choisies. L'unité d'échantillonnage principale est le transect, qui est constitué d'un nombre variable d'unités secondaires, soit les quadrats. Chaque transect a une largeur de 1 m et une longueur variable qui dépend de la pente du substrat.

Les projets de relevés effectués avec la méthode des transects comprennent :

1. évaluation de la densité de la population d'ormeaux nordiques dans un site ou un secteur;
2. cartographie de la répartition de l'ormeau nordique dans un secteur ou une région;
3. estimation de la densité d'une population réalisée de façon objective dans un emplacement sélectionné au hasard.

3) Méthode des parcelles

L'objectif d'un relevé effectué selon la méthode des parcelles est d'étudier de façon intensive l'habitat de l'ormeau nordique dans un petit secteur pour surveiller l'évolution de la population au fil du temps. Il faut donc faire des relevés périodiques. Cette méthode implique de faire des relevés de façon intensive dans un petit secteur (p. ex., 40 m de large). Il est donc possible d'obtenir des estimations plus précises de la densité, mais celles-ci ne s'appliquent qu'à la parcelle où le relevé a été effectué. Les méthodes produisant des résultats plus précis peuvent être utiles pour surveiller les populations sur de longues périodes ou étudier les effets des travaux de rétablissement ou des impacts environnementaux, particulièrement si on s'attend à ce que les variations de densité soient faibles.

Cette méthode est fondée sur un échantillonnage aléatoire stratifié. Deux lignes de référence permanentes sont installées au milieu de deux zones de profondeur (0-5 m et 5-10 m) d'échantillonnage (soit deux couches). Perpendiculairement aux lignes de référence, des transects de 1 m de largeur sont examinés, ceux-ci alternant de chaque côté des lignes de référence afin de limiter les perturbations. Dix transects sont examinés dans la zone peu profonde et huit dans la zone plus profonde.

Les projets de relevés effectués avec la méthode des parcelles comprennent :

1. comparaisons entre la densité de population d'ormeau nordique d'un site touché par des impacts environnementaux et celle d'un site témoin avant et après des perturbations potentielles (contrôle d'impact avant-après);
2. surveillance à long terme pour faire le suivi des fluctuations de population au fil du temps ou des répercussions sur les niveaux de population de facteurs tels que les changements climatiques et les loutres de mer;
3. projets pour étudier l'efficacité des travaux de rétablissement (reconstitution de stocks sauvages ou installation de structures d'habitats artificiels) sur l'abondance de l'ormeau nordique et le recrutement de juvéniles.

Directives sur la sélection du type de méthode

Des applications générales pour chaque méthode de relevé peuvent être déterminées en fonction des objectifs des projets :

1. L'objectif du projet est-il de déterminer la densité relative pour une zone vaste?
   a. Oui : utiliser la méthode de Breen
   b. Non : aller à l'étape 2.
2. L'objectif du projet est-il de déterminer de façon objective la densité ou la taille de la population pour un site ou un secteur?
   a. Oui : utiliser la méthode des transects aléatoires
   b. Non : aller à l'étape 3.

3. L'objectif du projet est-il d'étudier les changements au fil du temps à des emplacements spécifiques, de surveiller des sites potentiellement touchés par des impacts environnementaux ou d'étudier des travaux de rétablissement de population?
   a. Oui : utiliser la méthode des parcelles
   b. Non : il se peut qu'il faille utiliser des méthodes non exposées dans ce document.

Conception et méthodes de relevé

L'unité d'échantillonnage (secondaire) de base des trois méthodes pour recenser l'ormeau nordique en C.-B. est un quadrat de 1 m² (1 m x 1 m). L'examen réalisé dans chaque quadrat est pratiquement identique pour toutes les méthodes. Toutefois, le nombre de quadrats et leur disposition (p. ex., lignes droites pour les transects, grille pour la méthode de Breen) ainsi que le processus de sélection d'emplacements de relevé sont différents pour chacune d'elles.

Bien que la plupart des ormeaux nordiques puissent être mesurés sur place, il faut en retirer certains de leur substrat pour en mesurer adéquatement la coquille. Il est très important de les détacher avec précaution et d'éviter de les tordre ou de les retirer avec un levier (leurs tissus et coquille sont fragiles et peuvent facilement être endommagés). En vertu de la LEP, il est interdit d'utiliser un couteau ou une barre pour les séparer du substrat, puisque cela risque de briser leur coquille et de les blesser, les tuant possiblement. Pour les détacher de façon sécuritaire, les plongeurs utilisent les pattes d'un solaster géant (*Pycnopodia helianthoides*), un prédateur de l'ormeau nordique, pour les faire fuir. Pour ce faire, une patte de solaster géant est placée sur un ormeau nordique, ou l'épipodium d'un ormeau nordique est chatouillé avec un solaster géant, ce qui fait habituellement fuir l'ormeau nordique qui se détache. Les plongeurs peuvent alors les ramasser facilement pour les mesurer. Des solasters géants se trouvent habituellement dans les habitats occupés par les ormeaux nordiques. Tout ormeau nordique qui ne peut être retiré du substrat de façon sécuritaire ne doit pas être séparé de celui-ci; il faut le mesurer sur place si possible, ou tout simplement le dénombrer et mettre un commentaire mentionnant qu'il n'a pas été possible de mesurer sa coquille. Il faut veiller à mesurer la longueur maximale de coquille pour chaque ormeau nordique et à ce que ceux-ci soient tous posés du bon côté sur les roches à l'extérieur du quadrat. Il ne faut pas couper les algues ou les enlever des quadrats afin de réduire au minimum les perturbations d'habitat.

Méthode de Breen

Emplacements de relevé

Un relevé effectué selon la méthode de Breen est lié à plusieurs emplacements. Le nombre idéal d'emplacements n'a pas été déterminé jusqu'à maintenant. Les sites repères du MPO liés à cette méthode couvrent plusieurs secteurs, six à douze emplacements de relevés ayant été sélectionnés pour chacun d'entre eux (Hankewich *et al.* 008; Hankewich et Lessard 2008). Dans les régions de la côte nord, de la côte centrale et de Haida Gwaii, les emplacements de relevés étaient initialement choisis pour leurs grandes populations d'ormeaux nordiques, jugées suffisantes pour soutenir la pêche. Pour les relevés récents, on a tenté d'augmenter le nombre d'emplacements pour les secteurs où il n'y en avait pas beaucoup (de quatre à sept). Puisqu'il n'y a que peu de renseignements sur l'abondance et la répartition de l'ormeau nordique le long de la côte sud, les emplacements étaient tout d'abord choisis de manière aléatoire, et les relevés consécutifs ont été faits seulement aux endroits où se trouvaient des habitats d'ormeau nordique (Atkins et Lessard 2004; Egli et Lessard 2011). Puisque l'un des facteurs principaux empêchant le rétablissement de l'ormeau nordique est le braconnage, les emplacements demeurent secrets. Pour les nouveaux relevés, les emplacements doivent être choisis de façon aléatoire. S'il doit y avoir des relevés ultérieurs, il est possible de les faire aux emplacements où

se trouvent des habitats d'ormeaux nordiques déjà sélectionnés ou à de nouveaux emplacements choisis de façon aléatoire pour augmenter la section couverte par les relevés.

La méthode de Breen consiste à étudier les ormeaux nordiques dans seize quadrats de 1 m x 1 m formant une grille de 7 m x 16 m (larg. x long.). Les quadrats forment quatre transects, chacun étant séparé des autres de 4 m. Les quatre quadrats d'un transect sont espacés de 1 m (fig. 1).

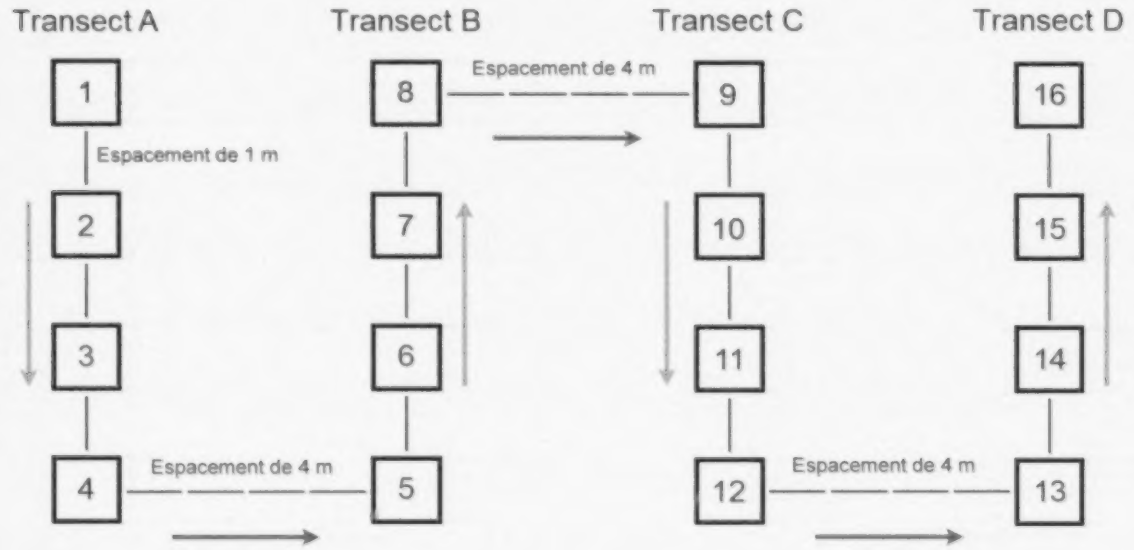

Figure 1. Emplacement de relevé pour la méthode de Breen consistant en seize quadrats de 1 m x 1 m. Il est constitué de quatre transects (A-D), chacun étant séparé des autres de 4 m. Chaque transect consiste en quatre quadrats espacés de 1 m. La partie peu profonde de l'emplacement se trouve en haut de la figure, et la partie profonde en bas de celle-ci.

Pour la méthode de Breen, le travail doit être réalisé par une équipe de deux plongeurs. Généralement, un plongeur note les données et l'autre place le quadrat, mesure et compte les animaux, en indiquant les données au premier plongeur.

Matériel de relevé

1. Quadrat de 1 m x 1 m
2. Pied à coulisse de plongée pour mesurer la coquille des ormeaux nordiques au millimètre près
3. Planchette à pince, crayon et fiches techniques hydrofuges

Protocole

1. Noter la date, le nom des plongeurs, l'heure de plongée (début et fin), la latitude et la longitude pour chaque emplacement de relevé.
2. Commencer par le premier quadrat situé dans la section la moins profonde. Si c'est possible, en fonction des vagues et de la hauteur de la marée, le premier quadrat doit se trouver juste en dessous de l'endroit où il n'y a plus de *Fucus*, de cirripèdes ou de moules

de zone intertidale. Si c'est impossible, il faut alors choisir le point sécuritaire le moins profond.

3. Les transects doivent être perpendiculaires à la ligne de côte et suivre la pente. S'il n'y a pas de pente, le relèvement des transects doit être perpendiculaire à la ligne de côte. Mesurer l'espace entre les quadrats ou les transects en retournant le quadrat le long de son relèvement (retourner deux fois entre les quadrats et cinq fois entre les transects). Les flèches de la figure 1 indiquent le parcours à suivre, en montrant les quadrats en ordre numérique de un à seize. Il faut souvent vérifier le relèvement du compas pour s'assurer de suivre le transect et d'être conforme au schéma de la grille.
4. Pour chaque quadrat, noter les renseignements ci-dessous sur la « Fiche technique de recensement pour méthode de Breen » (annexe A, tableau A2).
    a. Compter et retirer avec soin les oursins en fonction de leur espèce (rouge, vert et mauve).
    b. Mesurer sur place la longueur de la coquille de chaque ormeau nordique visible avec le pied à coulisse. Utiliser un solaster géant (comme décrit ci-dessus) pour faire fuir les ormeaux nordiques au besoin. Pour les ormeaux nordiques cryptiques, s'il faut les recenser, inscrire un « c » après la mesure de leur coquille. S'il est impossible de mesurer un ormeau nordique, ajouter « 1 » au compte d'ormeaux nordiques dans la section des mesures de la fiche technique.
    c. S'il faut recenser les ormeaux nordiques cryptiques, les mesurer et les compter dans chaque deuxième quadrat pour les huit premiers quadrats, soit les quadrats 2, 4, 6 et 8. C'est la dernière tâche à réaliser, c'est-à-dire qu'il faut tout d'abord examiner le quadrat pour compter et mesurer les ormeaux nordiques exposés ainsi que pour prendre toute autre donnée pertinente avant de retourner les roches. Pour ce faire, retourner avec précaution les roches et les galets en évitant d'endommager le substrat ou les organismes. Identifier tous ces ormeaux nordiques cryptiques en inscrivant un « c » après la mesure de leur coquille. Une fois le travail terminé, replacer tous les éléments du substrat à leur emplacement d'origine à l'intérieur des quadrats. Il faut indiquer dans la fiche technique les quadrats dont les ormeaux nordiques cryptiques ont été recensés.
    d. En outre, noter les éléments suivants : (1) profondeur, (2) heure, (3) au plus trois types de substrats (annexe A, tableau A1) en ordre d'abondance, (4) le nombre de prédateurs de l'ormeau nordique présents (solasters géants, crabes dormeurs, tourteaux rouges, pieuvres, etc.) et (5) le pourcentage de couverture par les algues et les espèces dominantes d'algues.
    e. Noter le pourcentage de couverture par les algues en les combinant par catégorie :
        i. Canopée : grandes algues ombreuses atteignant la surface (comme *Nereocystis* et *Macrocystis*)
        ii. Sous-étage : espèces d'une longueur de 30 cm à 2 m (comme *Laminaria*)
        iii. Gazon algal : petites algues feuillues et ramifiées d'une longueur de 0 à 30 cm (p. ex., corallines géniculées, *Porphyra*)
        iv. Incrustantes : espèces qui forment une mince couche sur les roches (comme *Lithothamnium*)
    f. Noter les deux espèces dominantes d'algues pour la canopée et le sous-étage. Utiliser des codes généraux pour noter les espèces du gazon algal (annexe A, tableau A2).

Pour les algues incrustantes, noter seulement le pourcentage de couverture. Noter le pourcentage de couverture pour chaque catégorie (et ***non*** le pourcentage de couverture pour chaque espèce d'une catégorie).

5. Examiner les seize quadrats, qu'il y ait ou non des ormeaux nordiques dans ceux-ci.
6. Remplir les journaux de plongée pour chaque plongée.
7. Entrer et vérifier toutes les données prises quotidiennement.

Analyse des données

Chaque emplacement de relevé est considéré comme une unité d'échantillonnage.

Les données de chaque relevé sont utilisées pour calculer la moyenne et la variance de la densité de la population. Pour un relevé, la densité moyenne de population, d_B, est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$d_B = \frac{\sum_{i=1}^{n} d_i}{n} \qquad (1)$$

où n est le nombre d'emplacements de relevé

d_i est la densité de la population à un emplacement i (pour chaque emplacement : d_i = compte total/16)

L'écart-type, sd_B, et l'erreur type, se_B, de la densité moyenne sont calculés à l'aide des formules suivantes :

$$sd_B = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (d_i - d_B)^2}{n-1}} \qquad (2)$$

$$se_B = \frac{sd_B}{\sqrt{n}} \qquad (3)$$

où n est le nombre d'emplacements de relevé

d_i est la densité de population à un emplacement i

d_B est la densité moyenne de population pour un relevé

Méthode des transects

Pour les relevés effectués selon la méthode des transects, les quadrats sont placés le long d'une ligne perpendiculaire à la ligne de côte, d'une profondeur de 10 m par rapport au zéro des cartes jusqu'au point le moins profond où il est possible de travailler. Les emplacements des transects d'un site ou d'un secteur sont choisis de manière aléatoire. Une fois qu'un site ou un secteur a été sélectionné, la première étape est de déterminer la longueur de la ligne de côte (habitat d'ormeau nordique potentiel) qu'il faut examiner. Les exemples comprennent des secteurs de ligne de côte avec des populations d'ormeaux nordiques relativement inconnues et des secteurs concernés par des questions de conservation (Lessard *et al.* 2007). Lessard *et al.*

(2007) recommandent d'examiner au moins dix transects par site. Pour les relevés préliminaires de collecte de géniteurs, Lessard *et al.* (2002) recommandent que la largeur des sites soit entre 500 et 1 500 m. Si la largeur du site est inférieure à 300 m, on peut alors envisager de réduire le nombre de transects (Lessard *et al.* 2007).

Si la longueur de ligne de côte à examiner dépasse 1 500 m, il est recommandé que le nombre de transects soit égal à la longueur de la ligne de côte (en mètres) divisée par 150 (c.-à-d. un transect pour une section de ligne de côte de 150 m). Le rapport du nombre de transects relativement à la longueur de la ligne de côte pour les sites ou les secteurs de plus de 1 500 m de long n'a pas été déterminé. Ces rapports sont des estimations préliminaires devant être raffinées à l'aide d'analyses. S'il faut étudier un grand secteur, examiner un transect tous les 150 m n'est peut-être pas réalisable sur le plan logistique, et il faut utiliser un autre rapport.

Le protocole de cette méthode est décrit par Lessard *et al.* (2002, 2007) pour différentes applications. Lessard *et al.* (2002) décrivent cette technique pour évaluer le potentiel de secteurs pour la collecte de géniteurs. Pour être prudents, ils ont calculé le nombre maximal de géniteurs pouvant être récoltés en fonction de la limite inférieure de l'intervalle de confiance (IC) de 90 % de la moyenne de la densité obtenue avec les données de relevé. Par contraste, Lessard *et al.* (2007) décrivent aussi l'utilisation de cette technique pour évaluer les populations d'ormeaux nordiques dans des secteurs concernés par des propositions de développement. Si la densité est supérieure ou égale à un seuil de 0,1 ormeau nordique par mètre carré, il est recommandé de refuser toute proposition de développement. Par mesure de prudence, le calcul est effectué en fonction de la limite supérieure de l'intervalle de confiance de 90 % de la moyenne de la densité. Ces deux exemples montrent comment des variantes de la même méthode peuvent être appliquées à différentes fins.

Emplacements des transects

Pour chaque site, avant le relevé, les emplacements des transects doivent être sélectionnés au hasard à l'intérieur de la section de la ligne de côté à étudier. En fonction des analyses de Lessard *et al.* (2002), le nombre de transects à examiner par site (de 300 à 2 000 m) doit être :

1. de 10 transects si tous les quadrats des transects sont étudiés;
2. de 11 transects si un quadrat sur deux des transects est étudié.

Il existe plusieurs façons de sélectionner des transects de façon aléatoire. Les systèmes d'information géographique sont les outils les plus couramment employés pour sélectionner des emplacements de relevé au hasard le long d'une ligne de côte. Diverses extensions d'ArcGIS ont été conçues spécifiquement à cette fin. Une autre approche est d'utiliser le logiciel du système d'information géographique pour déterminer la position du premier transect de façon aléatoire, les autres transects étant automatiquement espacés le long de la ligne côte. S'il n'est pas possible d'utiliser un tel logiciel, les positions des transects peuvent être choisies au hasard le long de la section de ligne de côte définie comme la distance linéaire entre les deux points les plus éloignés de la zone à étudier, celle-ci étant mesurée (en mm) sur la meilleure carte marine du secteur (Cripps et Campbell 1998). La position des transects est indiquée sur des cartes marines avant le début du relevé. Les transects sont perpendiculaires au littoral à ces emplacements.

Pour cette méthode, le travail doit être réalisé par une équipe de deux plongeurs. Généralement, un plongeur note les données et l'autre place le quadrat, mesure et compte les animaux, en indiquant les données au premier plongeur.

Équipement spécialisé requis :

1. Quadrat de 1 m x 1 m
2. Pied à coulisse de plongée pour mesurer la coquille des ormeaux nordiques au millimètre près
3. Planchette à pince, crayon et fiches techniques hydrofuges
4. Lignes de transect
5. Poids et flotteurs pour les extrémités des transects

Protocole

1. La section de chaque transect la plus proche de la côte est déterminée à l'aide de cartes marines ou d'un logiciel de navigation (coordonnées GPS). Le bateau de plongée est positionné aussi près que possible de la côte sans nuire à la sécurité de l'équipage, à un emplacement de transect, la proue étant orientée vers la côte. Un assistant de plongée lance en direction de la côte, dans les eaux peu profondes, la ligne de transect à l'extrémité de laquelle est attaché un poids en plomb. Les lignes de transect sont composées de ralingues plombées avec une marque à tous les mètres, celles-ci étant reliées aux extrémités par des maillons de 5/16 po. Le bateau est ensuite orienté vers la mer de façon perpendiculaire à la côte, la ligne de transect se déroulant à côté du bateau. Il est important qu'elle conserve une certaine tension pour rester droite sous l'eau. Elle continue de se dérouler jusqu'à ce que la profondeur désirée soit atteinte, selon l'indication du sondeur du bateau. La profondeur visée est de 10 m (33 pi) par rapport au zéro des cartes, alors la profondeur réelle variera en fonction de la hauteur de la marée. Par exemple, si la hauteur de la marée est de 1,5 m lorsque la ligne de transect est lancée, la profondeur visée sera de 10 + 1,5 = 11,5 m. Une fois que la profondeur visée est atteinte, une ralingue de flotteurs est fixée à la ligne de transect et la ralingue plombée de l'ensemble suivant de maillons est retirée. La ralingue de flotteurs est dotée d'un poids en plomb pour que l'extrémité libre de la ligne de transect descende jusqu'au fond. Les plongeurs font descendre la ralingue de flotteurs et étudient le transect à partir de l'extrémité profonde jusqu'à l'extrémité peu profonde. S'il n'est pas possible de faire descendre la ligne de transect en raison de bancs de varech épais ou de facteurs environnementaux, les plongeurs doivent mettre en place la ligne de transect à partir de l'extrémité profonde et suivre un relèvement perpendiculaire à la ligne de côte. Il faut suivre rigoureusement le relèvement au compas pour éviter des erreurs d'estimations de densité. Les transects sont étudiés à partir du point de 10 m par rapport au zéro des cartes jusqu'à la ligne de côte, ou jusqu'au point où les vagues empêchent de travailler efficacement (Lessard *et al.* 2002). Il est recommandé de limiter la profondeur à 10 m par rapport au zéro des cartes pour réduire au minimum le temps passé à examiner des sections où il n'y a que peu d'ormeaux nordiques adultes (Sloan et Breen 1988). Les assistants de plongée doivent noter les informations de chaque transect dans un journal de plongée, ce qui inclut la latitude et la longitude des deux extrémités du transect, la date, le nom des plongeurs et l'heure de plongée (début et fin pour chaque transect). Il faut noter la latitude et la longitude pendant que la ligne de transect se déroule.
2. L'unité d'échantillonnage principale est le transect. L'unité d'échantillonnage secondaire est un quadrat de 1 m². Le premier quadrat se trouve à une profondeur de 10 m sous le zéro des cartes, est aligné sur la marque de distance de ligne de transect la plus proche et est placé à 1 m à gauche ou à droite de la ligne de transect afin d'éviter la zone où il a pu y avoir des perturbations pendant le positionnement de la ligne. Tous les quadrats examinés

sont situés le long de la ligne jusqu'à l'extrémité peu profonde. Chaque quadrat ou chaque deuxième quadrat est étudié (selon que 10 ou 11 quadrats sont examinés).

3. Pour chaque quadrat, noter les renseignements ci-dessous dans la « Fiche technique de recensement pour méthode des transects » (annexe A, tableau A3) :
   a. Compter et retirer avec soin les oursins en fonction de leur espèce (rouge, vert et mauve). Il ne faut pas enlever les algues pour réduire au minimum les perturbations.
   b. Mesurer sur place la longueur de la coquille de chaque ormeau nordique visible avec le pied à coulisse. Utiliser un solaster géant (comme décrit ci-dessus) pour faire fuir les ormeaux nordiques au besoin. S'il est impossible de mesurer un ormeau nordique, ajouter « 1 » au compte d'ormeaux nordiques dans la section des mesures de la fiche technique.
   c. Si les ormeaux nordiques cryptiques doivent être examinés, un ensemble de quadrats choisis aléatoirement (comme trois quadrats) peut être étudié à cette fin dans chaque transect. Il faut examiner le quadrat pour mesurer et compter les ormeaux nordiques exposés (relevé normal) et noter toutes les autres données pertinentes avant de s'intéresser aux ormeaux nordiques cryptiques. L'étude des ormeaux nordiques cryptiques devrait être la dernière tâche. Les plongeurs doivent aussi faire très attention à ne pas perturber les ormeaux nordiques des quadrats suivants. Identifier tous ces ormeaux nordiques cryptiques en inscrivant un « c » après la mesure de leur coquille. Une fois le travail terminé, replacer tous les éléments du substrat à leur emplacement d'origine à l'intérieur des quadrats. Il faut indiquer dans la fiche technique les quadrats dont les ormeaux nordiques cryptiques ont été recensés.
   d. En outre, noter les éléments suivants :
      i. profondeur;
      ii. heure;
      iii. au plus trois types de substrats (annexe A, tableau A1);
      iv. nombre de prédateurs de l'ormeau nordique présents (solasters géants, crabes dormeurs, tourteaux rouges, pieuvres, etc.).
   e. Noter le pourcentage de couverture total par les algues en les combinant par catégorie :
      i. Canopée : grandes algues ombreuses atteignant la surface (comme *Nereocystis* et *Macrocystis*)
      ii. Sous-étage : Espèces d'une longueur de 30 cm à 2 m (comme *Laminaria*)
      iii. Gazon algal : petites algues feuillues et ramifiées d'une longueur de 0 à 30 cm (p. ex., corallines géniculées, *Porphyra*)
      iv. Incrustantes : espèces qui forment une mince couche sur les roches (comme *Lithothamnium*)
   f. Noter les deux espèces dominantes d'algues pour la canopée et le sous-étage. Utiliser des codes généraux pour noter les espèces du gazon algal (annexe A, tableau A3). Pour les algues incrustantes, noter seulement le pourcentage de couverture. Noter le pourcentage de couverture pour chaque catégorie (et non le pourcentage de couverture pour chaque espèce d'une catégorie).

4) Il est très important que la fréquence d'échantillonnage, p. ex. collecte de données pour tous les quadrats ou pour un quadrat sur deux, soit clairement indiquée sur la fiche technique.

5) Remplir les journaux de plongée après chaque plongée.

6) Entrer et vérifier toutes les données prises quotidiennement.

Analyse des données

Il faut étudier de multiples transects dans un site ou un secteur. La densité moyenne (nombre d'ormeaux nordiques par mètre carré), d_T, et l'écart-type, sd_T, pour chaque emplacement (ou secteur) est calculé à l'aide des formules suivantes :

$$d_T = \frac{\sum_{i=1}^{n} (c_i / q_i) \times L_i}{\sum_{i=1}^{n} L_i} \quad (4)$$

$$sd_T = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} (((c_i / q_i) \times L_i) - (d_T \times L_i))^2}{(n-1) \times L_T^2}} \quad (5)$$

$$se_T = \sqrt{1 - \frac{n}{T}} \times \frac{sd_T}{\sqrt{N}} \quad (6)$$

où n est le nombre de transects étudiés

c_i est le nombre d'ormeaux nordiques comptés dans les quadrats du transect *i*

q_i est le nombre de quadrats étudiés dans le transect *i*

L_i est la longueur du transect *i*

L_T est la longueur moyenne des transects étudiés

N est le nombre total de transects pouvant être examinés dans le secteur étudié et est égal à la largeur du site.

Cette méthode tient compte de la longueur variable des transects et du nombre variable de quadrats étudiés pour chaque transect. L'erreur type est calculée avec une formule identique à celle de l'équation 3. Pour estimer la densité moyenne et l'erreur type d'un groupe de taille spécifique *j* (longueur standard de 81 à 120 mm), la valeur c_i est substituée par le nombre d'ormeaux nordiques du groupe de taille c_{ij} du transect *i*.

Méthode des parcelles

Emplacements des parcelles

La méthode des parcelles est très adéquate pour étudier les changements de densité de population d'ormeaux nordiques dans un espace restreint (emplacement de relevé). La sélection des sites pour cette méthode n'est pas aléatoire; il faut faire un relevé préliminaire pour déterminer les secteurs appropriés. Les sites peuvent inclurent des endroits concernés par des propositions de développement, un endroit ayant un historique de grandes populations d'ormeaux nordiques, un emplacement important pour les Premières Nations sur le plan culturel, ou encore un endroit où se trouvent des habitats d'ormeaux nordiques optimaux pour de la recherche à long terme et des travaux de rétablissement. Des plongées à durée fixe (voir

la section « Autres facteurs à considérer ») sont souvent réalisées pour sélectionner des emplacements spécifiques pour des parcelles.

Si la méthode des parcelles est employée pour déterminer les variations de densité de population causées par des impacts environnementaux potentiels (p. ex., aquaculture de poissons), il doit y avoir un site témoin (Lessard *et al.* 2007). Toutefois, il est possible d'employer cette méthode sans site témoin pour étudier l'évolution de tendances à long terme en termes d'abondance et les variations de population causées par des facteurs comme les loutres de mer, les travaux de rétablissement et les changements climatiques.

Configuration de parcelle

Une parcelle pour ormeaux nordiques est une zone de 40 m de large située le long de la ligne de côte allant des eaux peu profondes jusqu'à l'endroit où la profondeur atteint 10 m par rapport au zéro des cartes (Lessard *et al.* 2007). Cette méthode est fondée sur un échantillonnage aléatoire stratifié (figure 2). Deux lignes de référence sont installées à une profondeur de 2,5 et 7,5 m par rapport au zéro des cartes le long de la largeur de la parcelle. Elles sont généralement composées de ralingues plombées qui ont des marques tous les mètres et sont reliées à des balises permanentes situées aux extrémités de la parcelle. Les lignes de référence sont placées au milieu des deux zones de profondeur (deux couches), de 0 à 5 m et de 5 à 10 m, à étudier (Lessard *et al.* 2007). Il faut les installer de façon permanente pour veiller à étudier la même zone toutes les fois. Il faut les entretenir pour que les marques de distance demeurent visibles. Il est important de fixer leurs extrémités à des dispositifs d'ancrage permanents (comme des blocs de béton) et de noter l'emplacement de chacun d'eux pour pouvoir les relocaliser les années suivantes. Les lignes de référence doivent suivre les courbes du fond tout en étant placées à une profondeur de 2,5 et 7,5 m par rapport au zéro des cartes plutôt que d'être droites.

Les ormeaux nordiques sont recensés le long des transects situés à l'intérieur de la parcelle. Les transects sont placés au hasard de façon perpendiculaire le long des lignes de référence et alternent au-dessus et en dessous de celles-ci de façon à réduire au minimum les perturbations (figure 2). Le point de départ de chaque transect (c.-à-d. l'endroit où se trouve le point de départ sur la ligne de référence par rapport à l'extrémité de celle-ci) est choisi au hasard avant le début de chaque relevé (les transects sont placés aléatoirement chaque fois qu'un relevé de parcelle est réalisé). Dix points de départ (entre 1 et 40 m) sont placés au hasard le long de la ligne de référence peu profonde (2,5 m), et huit points de départ sont positionnés de la même façon le long de la ligne de référence profonde (7,5 m) [Lessard *et al.*, 2007]. En outre, le côté d'une ligne de référence où le premier transect est placé est choisi au hasard, les transects suivants étant placés d'un côté et de l'autre en alternance. « Vers le bas » et « vers le haut » est indiqué pour chacun d'eux sur la fiche technique (figure 2).

Pour cette méthode, le travail doit être réalisé par une équipe de deux plongeurs. Généralement, un plongeur note les données et l'autre place le quadrat, mesure et compte les animaux, en indiquant les données au premier plongeur.

Équipement spécialisé requis :

1. Quadrat de 1 m x 1 m
2. Pied à coulisse de plongée pour mesurer la coquille des ormeaux nordiques au millimètre près
3. Planchette à pince, crayon et fiches techniques hydrofuges
4. Lignes de transect pour les lignes de référence

5. Poids et flotteurs pour les extrémités des transects
6. Balises permanentes qui resteront sur place

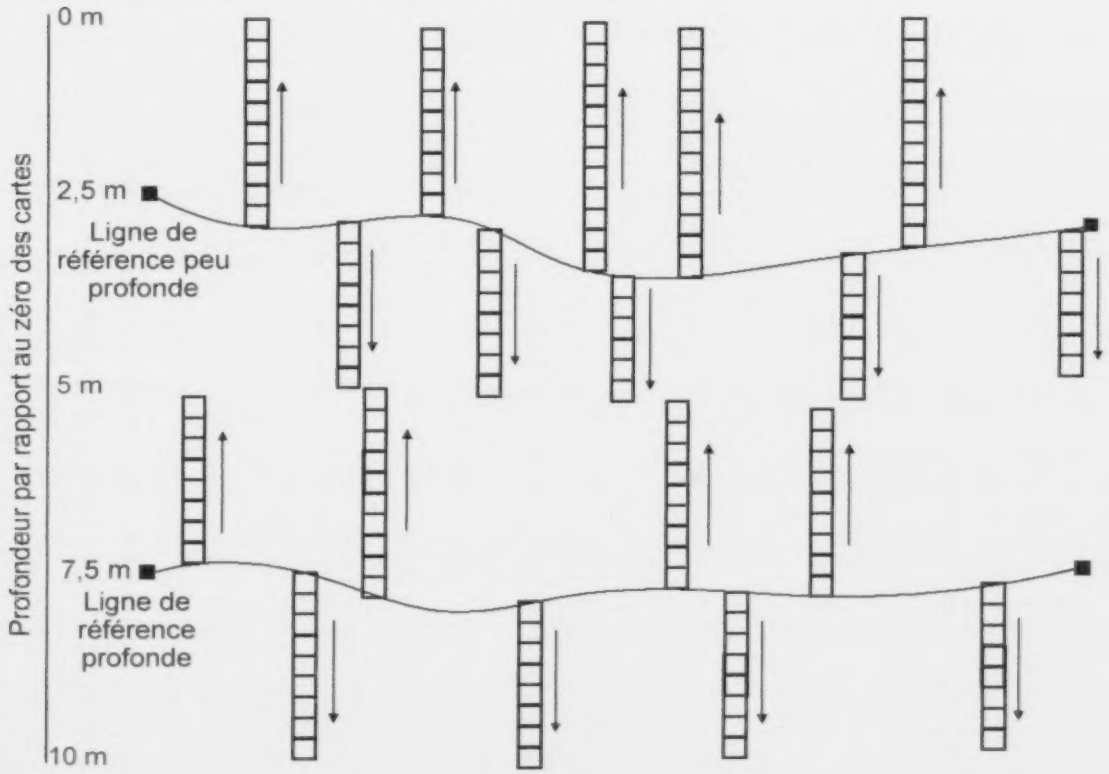

Figure 2. Schéma de parcelle constituée de deux lignes de référence horizontales positionnées à une profondeur de 2,5 et 7,5 m par rapport au zéro des cartes. Dix et huit transects sont sélectionnés aléatoirement respectivement pour les lignes de référence peu profonde et profonde. Chaque quadrat de chaque transect est étudié. Les flèches indiquent la direction vers laquelle l'étude de chaque transect est réalisée, en partant des lignes de référence.

Protocole

1. Le point de départ de chaque transect est sélectionné de façon aléatoire et est situé sur la ligne de référence.
2. Le quadrat est retourné de façon perpendiculaire à la ligne de référence jusqu'à ce que le bas ou le haut de la couche de profondeur soit atteint, en évitant de se rendre dans une zone adjacente. Il faut donc noter sur les fiches techniques la profondeur ajustée en fonction de la marée prévue pour la plongée afin que les plongeurs sachent à quelle profondeur s'arrêter. Pour la couche plus profonde, il faut connaître la profondeur du milieu de la parcelle (5 m) et de l'extrémité inférieure (10 m). À la différence de la méthode des transects, des lignes de transect ne sont pas utilisées. Les plongeurs retournent le quadrat en suivant un relèvement au compas perpendiculaire à la ligne de référence.
3. Pour chaque quadrat, noter les renseignements ci-dessous sur la « Fiche technique de recensement pour méthode des parcelles » (annexe A, tableau A4).

a. L'assistant de plongée doit noter la date, le nom de l'emplacement, le numéro de parcelle, la latitude et la longitude de la parcelle, le nom des plongeurs et l'heure de plongée (début et fin).

b. Compter et retirer avec soin les oursins en fonction de leur espèce (rouge, vert et mauve). Ne pas enlever d'algues pour réduire au minimum les impacts environnementaux sur l'habitat.

c. Mesurer sur place la longueur de la coquille de chaque ormeau nordique visible avec le pied à coulisse. Utiliser un solaster géant (comme décrit ci-dessus) pour faire fuir les ormeaux nordiques au besoin. S'il est impossible de mesurer un ormeau nordique, ajouter « 1 » au compte d'ormeaux nordiques dans la section des mesures de la fiche technique.

d. Si les ormeaux nordiques cryptiques doivent être examinés, un ensemble de quadrats choisis aléatoirement (comme chaque dixième quadrat) peut être étudié à cette fin. Il faut examiner le quadrat pour mesurer et compter les ormeaux nordiques exposés (relevé normal) et noter toutes les autres données pertinentes avant de retourner les roches. Recenser les ormeaux nordiques cryptiques doit être la dernière tâche effectuée pour un quadrat. Les plongeurs doivent aussi faire très attention à ne pas perturber les ormeaux nordiques des quadrats suivants. Identifier tous ces ormeaux nordiques cryptiques en inscrivant un « c » après la mesure de leur coquille. Une fois le travail terminé, replacer tous les éléments du substrat à leur emplacement d'origine à l'intérieur des quadrats.

e. En outre, noter les éléments suivants :

   i. profondeur;

   ii. heure;

   iii. au plus trois types de substrats (annexe A, tableau A1);

   iv. nombre de prédateurs de l'ormeau nordique présents (solasters géants, crabes dormeurs, tourteaux rouges, pieuvres, etc.).

f. Noter le pourcentage de couverture total par les algues en les combinant par catégorie :

   v. Canopée : grandes algues ombreuses atteignant la surface (comme *Nereocystis* et *Macrocystis*)

   vi. Sous-étage : espèces d'une longueur de 30 cm à 2 m (comme *Laminaria*)

   vii. Gazon algal : petites algues feuillues et ramifiées d'une longueur de 0 à 30 cm (p. ex., corallines géniculées, *Porphyra*)

   viii. Incrustantes : espèces qui forment une mince couche sur les roches (comme *Lithothamnium*)

g. Noter les deux espèces dominantes d'algues pour la canopée et le sous-étage. Utiliser des codes généraux pour noter les espèces du gazon algal (annexe A, tableau A2). Pour les algues incrustantes, noter seulement le pourcentage de couverture. Noter le pourcentage de couverture pour chaque catégorie (et non le pourcentage de couverture pour chaque espèce d'une catégorie).

4. Une fois que le travail est terminé pour un transect, les plongeurs se rendent à l'emplacement du transect suivant et refont la procédure jusqu'à ce que tous les transects aient été examinés (Lessard *et al.* 2007).

5. Remplir les journaux de plongée après chaque plongée.
6. Entrer et vérifier toutes les données prises quotidiennement.

Analyse des données

Les formules employées pour calculer la moyenne, l'écart-type et l'erreur type pour chaque couche d'une parcelle sont identiques aux formules de la section précédente relative aux transects (équations 4 à 6). La densité moyenne (nombre d'ormeaux nordiques par mètre carré), d_P, et l'écart-type, se_P, pour une parcelle au complet sont calculés à l'aide des formules suivantes :

$$d_P = \frac{(N_s \times d_s) + (N_d \times d_d)}{N_P} \quad (7)$$

$$se_P = \frac{(N_s \times se_s) + (N_d \times se_d)}{N_P} \quad (8)$$

où N_P est la superficie totale des deux couches

N_s est la superficie de la couche peu profonde

d_s est l'estimation de la densité moyenne de la couche peu profonde (calculée à l'aide de l'équation 4)

N_d est la superficie de la couche profonde

d_d est l'estimation de la densité moyenne de la couche profonde (calculée à l'aide de l'équation 4)

Les valeurs se_s et se_d sont calculées à l'aide de l'équation 6.

Points forts et points faibles des différentes méthodes

La présente évaluation des points forts et des points faibles de chaque méthode est fondée sur l'opinion d'experts. Il est possible de faire des analyses quantitatives supplémentaires à l'aide de données déjà recueillies, mais elles n'entrent pas dans le cadre du présent document.

Puisque chaque méthode a été mise au point pour répondre à des questions spécifiques, aucune d'elles n'est meilleure que les autres. Par contre, certaines méthodes sont plus adéquates que d'autres pour trouver les réponses à certaines interrogations. Déterminer les questions auxquelles il faut répondre est une étape essentielle pour décider quelle méthode est appropriée pour un relevé.

Méthode de Breen

La méthode de Breen a été élaborée pour faire le suivi des tendances des populations d'ormeaux nordiques au fil du temps. Cette méthode a été employée pour étudier de façon répétée un grand nombre de sites situés le long de côte de la C.-B. C'est la méthode utilisée par le MPO pour surveiller les différences relatives de densité entre différents secteurs et surveiller les tendances à long terme des populations (diminution ou rétablissement). Ces relevés de grande ampleur sont considérés comme représentatifs en termes de tendances de populations au fil du temps (MPO 2007). Si l'objectif est de comparer les densités relatives d'ormeaux nordiques sur de longues périodes dans une grande zone ou région, la méthode de Breen peut convenir.

Points forts

Zone couverte. La méthode de Breen étant d'exécution plus rapide que celle des parcelles, elle permet la réalisation de plus de relevés et peut couvrir une vaste zone. En conséquence, les estimations de densité peuvent s'appliquer à de plus grandes zones, ce qui peut être utile pour cartographier la répartition des populations.

Simple sur le plan logistique. Il n'est pas nécessaire d'installer des lignes de transect ou de référence ou encore des flotteurs, ce qui simplifie l'aspect logistique par rapport aux autres méthodes.

Points faibles

Estimations de densité imprécises. Si les emplacements de relevé sont choisis de façon aléatoire dans des secteurs comportant une vaste gamme d'habitats, les estimations de densité moyennes peuvent être imprécises lorsque les intervalles de confiance sont grands.

Plage de profondeur non uniforme. Les grilles de la méthode de Breen sont composées du même nombre de quadrats quelle que soit la pente, alors la plage de profondeur varie en fonction de la pente de l'emplacement de relevé et donc selon les emplacements. La profondeur de départ peut aussi être différente d'un emplacement à l'autre. Il est difficile de comparer des emplacements lorsque leur plage de profondeur n'est pas la même.

Résultats ne pouvant être comparés à ceux obtenus avec les autres méthodes. Puisque la grille a une largeur de 7 m, la plage de profondeur maximale est une plage de 0 à 7 m par rapport au zéro des cartes (pour une paroi verticale). Comme peu de sites sont parfaitement verticaux, la plage de profondeur associée à la méthode de Breen est souvent inférieure à ces valeurs. Les deux autres méthodes ont été élaborées de façon à ce que la plage de profondeur soit de 0 à 10 m par rapport au zéro des cartes. Comme la distribution de l'ormeau nordique n'est pas uniforme selon la profondeur dans la plage de profondeur de 0 à 10 m par rapport au zéro des cartes (densité habituellement plus élevée entre 0 et 5 m), les résultats des relevés dont la plage de profondeur varie ne sont pas comparables.

Extrapolation difficile. Puisque la plage de profondeur n'est pas la même d'un site à l'autre, il est difficile d'extrapoler les données de densité obtenues avec la méthode de Breen pour estimer la population totale.

Faible répétabilité. Ce sont les plongeurs qui déterminent la position de départ pour recueillir des données. Différents plongeurs peuvent ne pas choisir le même point de départ, ce qui peut entraîner une variation de plage de profondeur examinée pour un même emplacement pour les études effectuées à différentes années.

Méthode des transects

La méthode des transects a tout d'abord été utilisée à la fin des années 1990 pour évaluer l'abondance et la répartition de l'ormeau nordique le long de sections de ligne de côte de 5 à 6 km. Cette méthode permet d'obtenir des estimations de densité de façon objective dans des secteurs d'intérêt puisque les emplacements sont choisis au hasard. Toutefois, les estimations risquent d'être imprécises puisque tous les types d'habitats sont examinés, qu'ils soient adaptés ou non à l'ormeau nordique. Elle permet donc d'obtenir des estimations de densité moyenne pour des sections de ligne de côte étudiées.

Points forts

Zone couverte. La méthode des transects est d'exécution plus rapide que celle des parcelles, ce qui permet de réaliser plus de relevés (pour un nombre de jours donné) et donc de

potentiellement couvrir une plus vaste zone. En conséquence, les estimations de densité de population peuvent s'appliquer à de plus grandes zones que ne permettrait la méthode des parcelles.

Estimations de populations réalisées de façon objective. Les emplacements de relevé peuvent être choisis aléatoirement pour que les estimations de populations soient réalisées de manière objective.

Étude de toute la plage de profondeur de l'habitat de l'ormeau nordique. Les transects couvrent une plage de profondeur allant de l'eau peu profonde à 10 m par rapport au zéro des cartes. La plage est donc identique pour tous les emplacements de relevé. Les données des différents emplacements et les données chronologiques liées à un même emplacement sont ainsi facilement comparables.

Étude de tous les types d'habitats dans un même secteur. Les emplacements de relevé sont choisis aléatoirement, donc tous les types d'habitats d'un secteur (et non seulement l'habitat de l'ormeau nordique) seront probablement inclus dans les relevés. Les densités de population moyennes s'appliquent donc à un secteur au complet, que l'habitat soit ou non adapté à l'ormeau nordique.

Extrapolation permettant de déterminer la taille de la population totale. On peut estimer la population totale d'un site en multipliant la densité de population par la superficie du site définie comme la longueur moyenne de transect multipliée par la longueur du site.

Points faibles

Estimations de densité imprécises. Les emplacements de relevé sont choisis au hasard et ils comportent une vaste gamme de types d'habitats. Les estimations de densité moyenne peuvent être imprécises lorsqu'elles sont liées à de grands intervalles de confiance. Le MPO élabore des cartes de répartition d'habitat et d'espèces pour la côte de la C.-B., mais elles ne sont pas encore publiées. Une fois que des données cartographiques précises sur la répartition de l'habitat de l'ormeau nordique seront recueillies, les emplacements de relevé pourront être choisis aléatoirement de façon à couvrir seulement l'habitat de l'ormeau nordique, ce qui pourrait améliorer la précision de la méthode des transects.

Analyses approfondies requises pour déterminer le nombre de transects nécessaires pour les sections de ligne de côte plus longues que 2 000 m. Les estimations actuelles du nombre de transects requis et l'espacement entre ceux-ci ont été déterminés pour les emplacements dont la longueur de côte est de 2 000 m ou moins, ce qui n'a pas été déterminé pour les sections de ligne de côte dépassant cette mesure.

Méthode des parcelles

La méthode des parcelles a été élaborée dans le but d'étudier l'évolution des changements au fil du temps pour de petites parcelles ou secteurs pouvant subir les effets de l'activité humaine. Il faut habituellement faire des relevés périodiques pour celles-ci. Cette méthode exige plus de travail pour une petite zone (comparativement aux autres méthodes), et on s'attend à ce qu'elle fournisse des résultats de grande précision et permette d'améliorer la capacité à détecter des variations de densité au fil du temps causées par un grand nombre de facteurs tels que les perturbations, l'arrivée de prédateurs et les travaux de rétablissement.

Points forts

Même emplacement de relevé. Cette méthode permet de bien contrôler les effets de répartition dispersée et de variabilité d'habitat parce que l'emplacement de relevé demeure exactement le même.

Augmentation de la précision des estimations de densité. L'emplacement de relevé demeure le même, ce qui devrait faire diminuer la variabilité entre les relevés. La méthode exige un effort plus intensif que les autres, ce qui normalement fait augmenter la précision relativement aux estimations de densité et permet de détecter de plus petites variations de ce paramètre. Cette méthode permet d'étudier à long terme les répercussions sur des populations des travaux de gestion et de conservation, comme la mise en place d'habitats artificiels et la reconstitution de stocks sauvages pour favoriser le frai.

Étude de toute la plage de profondeur de l'habitat de l'ormeau nordique. Les parcelles couvrent une plage de profondeur allant de l'eau peu profonde à 10 m par rapport au zéro des cartes. La plage est donc identique pour tous les emplacements de relevé. Les données des différents emplacements et les données chronologiques liées à un même emplacement sont ainsi facilement comparables.

Points faibles

Besoin de beaucoup de ressources. Cette méthode exige beaucoup de temps (de 1 à 2 jours par parcelle puisqu'il y a dix-huit transects à étudier) et peut être coûteuse, particulièrement s'il y a beaucoup de parcelles. Habituellement, les parcelles sélectionnées sont examinées périodiquement. Les coûts associés dépendent donc de la fréquence de relevé (p. ex., tous les ans par rapport à tous les 5 ans).

Zone limitée. Les parcelles sont petites (largeur de 40 m), alors les estimations de population ne s'appliquent qu'à la parcelle, et il n'est pas possible d'extrapoler les données pour de plus grandes zones.

Autres facteurs à considérer

Plongées à durée fixe

Les plongées à durée fixe ne permettent d'obtenir que peu de données sur l'abondance, mais elles sont utiles pour cibler des habitats intéressants à étudier en profondeur (Lessard *et al.* 2002). Elles permettent de déterminer s'il y a ou non des ormeaux nordiques sur les lieux et de faire une estimation relative (non exacte) de l'abondance entre des sites.

Durant celles-ci, deux plongeurs nagent en suivant un relèvement au compas ou en faisant des zigzags à l'intérieur d'une plage de profondeur pendant une période de temps prédéterminée (p. ex., 20 minutes). Ils peuvent noter le nombre d'ormeaux nordiques observés, leur taille relative, le nombre d'oursins (possibilité de les catégoriser), les caractéristiques générales d'habitat (substrat, pente, etc.) et les espèces dominantes d'algues.

De telles plongées ne doivent servir qu'à obtenir une idée approximative de l'abondance locale. Elles ne permettent pas d'estimer la densité de façon précise (Lessard *et al.* 2002). Il est pertinent de faire une plongée à durée fixe lorsqu'il faut obtenir des renseignements préliminaires sur un site ou un emplacement, comme lorsqu'il faut cibler des habitats optimaux pour des projets de rétablissement ou trouver des sites témoins potentiels avec des caractéristiques semblables à celles d'un secteur subissant des impacts environnementaux.

Méthodes de relevé d'ormeaux nordiques cryptiques

Les relevés d'ormeaux nordiques cryptiques sont les relevés d'ormeaux nordiques occupant des habitats cryptiques (comme sous les roches) ne pouvant être détectés si seuls les ormeaux nordiques exposés sont recensés. Les objectifs spécifiques du relevé déterminent s'il faut recenser les ormeaux nordiques cryptiques. Ce recensement augmente considérablement le temps de plongée. Campbell (1996) estimait que seulement 8 % des ormeaux nordiques adultes (coquille ≥ 70 mm) occupent des habitats cryptiques. Le recensement de ces ormeaux

nordiques peut ne pas faire varier beaucoup les estimations de densité. Lessard *et al.* (2002) suggéraient de considérer les estimations de densité d'ormeaux nordiques adultes exposés comme des minimums pour tenir compte des ormeaux nordiques cryptiques.

Comparativement aux adultes, une plus grande proportion d'ormeaux nordiques juvéniles occupent des habitats cryptiques (Sloan *et al.* 1998). Au plus 33 % des ormeaux nordiques dont la coquille mesure moins de 70 mm occupent des habitats cryptiques (Cripps et Campbell 1998; Campbell et Cripps 1998). Pour les projets concernant les estimations de densité d'ormeaux nordiques juvéniles, il faut considérer la possibilité de recenser les ormeaux nordiques cryptiques. Habituellement, pour un tel recensement, tous les éléments de substrat d'un quadrat pouvant être déplacés (comme les grosses pierres et les galets suffisamment petits pour que les plongeurs les manipulent) sont retirés avec soin et examinés pour voir s'il y a des ormeaux nordiques cryptiques. Tous les ormeaux nordiques sont retirés du substrat, mesurés et placés à l'extérieur du quadrat à un endroit sécuritaire. Une fois que toutes les crevasses et tous les éléments de substrat pouvant être déplacés ont été examinés, tous les éléments de substrat sont replacés à l'intérieur du quadrat. Il faut faire très attention à réduire au minimum les dommages d'habitat et à éviter de blesser les ormeaux nordiques à l'intérieur du quadrat ou à côté de celui-ci.

Ce recensement peut être approfondi ou de faible intensité (de l'examen des habitats cryptiques de chaque quadrat à l'examen des habitats cryptiques d'un groupe de quadrats choisis au hasard). Il n'est pas recommandé d'examiner tous les quadrats puisque déplacer les grosses pierres et les roches prend du temps et occasionne des dommages aux organismes et aux habitats benthiques.

Facteurs pratiques à considérer pour concevoir un relevé

La conception d'un relevé implique plusieurs étapes.

1. Quel est l'objectif du relevé ou quelle est la question à laquelle il faut répondre? C'est toujours le premier élément à déterminer.
2. Quelle méthode est la plus appropriée pour atteindre l'objectif ou répondre à la question?
3. Quels sont les secteurs généraux adéquats pour le relevé? Il faut sélectionner le secteur général où le relevé sera réalisé avant de déterminer des emplacements de relevé spécifiques.
4. Est-il nécessaire de faire un échantillonnage ou une exploration préliminaire? Pour certains projets, il peut être nécessaire de le faire afin de déterminer les emplacements où se trouvent les habitats de l'ormeau nordique dans le secteur d'intérêt.
5. Voici les facteurs de conception de relevé à considérer, ceux-ci ayant tous des répercussions sur la quantité de travail pouvant être réalisé : temps disponible, ressources humaines, budget, équipement, etc. Bien que ces facteurs ne soient pas les critères les plus importants, il faut néanmoins en tenir compte pour veiller à ce que l'objectif puisse être atteint.
6. Concevoir le relevé. Sélectionner des emplacements de relevé spécifiques en suivant les indications pour les méthodes décrites ci-dessus.
7. Planifier les éléments logistiques : où, quand, qui, quoi (bateaux, équipement) et comment (méthode à suivre).
8. Réaliser le relevé. Il est important que la personne responsable du relevé prenne des notes sur le travail effectué, ainsi que sur le lieu et le moment où il a été fait, ce qui comprend la

consignation de la latitude et de la longitude de tous les emplacements de relevé et la tenue à jour des journaux de plongée pour toutes les plongées.

9. Une fois le relevé terminé, s'assurer que toutes les données nécessaires ont été prises, les entrer dans une base de données et vérifier qu'il n'y a pas d'erreur (valeurs aberrantes, données manquantes, etc.).

La section ci-dessous présente un aperçu des éléments de logistique principaux à prendre en compte dans la planification d'un relevé d'ormeau nordique, quelle que soit la méthode choisie. Les relevés par plongée nécessitent des ressources importantes (temps, argent, ressources humaines, équipement, connaissances, etc.) et des plongeurs d'expérience qui dirigent les relevés scientifiques pour assurer la sécurité de l'équipage et l'efficacité du travail. Pour réussir un relevé, il faut de l'expérience en matière d'utilisation de petits bateaux, de planification et de réalisation de relevés scientifiques sous-marins, d'identification d'ormeaux nordiques et de connaissances sur le secteur à examiner. Les anciens protocoles de relevés (Lessard *et al.* 2002, 2007) exigeaient qu'un spécialiste en veille biologique formé participe aux opérations pour que les évaluations d'impacts et les recensements de stocks de géniteurs soient dirigés par une personne ayant de l'expérience en matière de relevés.

1. **Accessibilité du site ou de l'emplacement :** Les emplacements à examiner déterminent grandement la quantité de travail pouvant être réalisé en une journée. De longs déplacements en bateau jusqu'aux emplacements de relevé et à partir de ceux-ci réduisent le temps disponible pour faire des relevés. L'emplacement peut influer sur la durée des intervalles de temps où le travail peut être effectué de façon sécuritaire. Les emplacements exposés à la houle et aux vagues, et parfois aux courants, sont plus difficiles pour le travail qui prend alors plus de temps, et ces facteurs peuvent réduire les moments où il est possible de faire les relevés.
2. **Période de l'année :** Puisque les ormeaux nordiques occupent généralement des habitats exposés à la houle et aux vagues, il n'est pas recommandé de faire des relevés en hiver en raison de conditions météorologiques défavorables. Idéalement, les relevés devraient être faits entre le mois de mai et d'août afin de réduire au minimum les conditions météorologiques défavorables. Pour les sites étudiés à long terme (où il y a des relevés périodiques), les relevés doivent se faire au même moment de l'année, dans la mesure du possible, afin de réduire au minimum les variations saisonnières (varech, répartition d'ormeaux nordiques, etc.) En outre, les périodes où les algues sont le plus abondantes (de juin à août) peuvent réduire la capacité des plongeurs à détecter tous les ormeaux nordiques.
3. **Expérience de l'équipage :** Les ormeaux nordiques peuvent être camouflés et difficiles à observer, surtout les plus petits. Un équipage expérimenté a plus de chances de les détecter et de les identifier, et produira peut-être des données plus précises et de meilleure qualité. Il est avantageux de prendre suffisamment de temps pour former les plongeurs sur les techniques et les méthodes des relevés sous-marins afin que les données soient recueillies adéquatement et uniformément (pour mesurer les ormeaux nordiques, détecter les juvéniles, identifier les algues et le substrat, etc.). L'équipe doit au moins être dirigée par un plongeur biologiste d'expérience.
4. **Équipement :** Il faut utiliser des bateaux adéquats pour la plongée et de l'équipement spécialisé pour faire des relevés.
5. **Sécurité :** Comme pour tout travail sur le terrain, il est nécessaire que l'équipage puisse effectuer ses tâches en toute sécurité. Il est essentiel qu'il ait été formé correctement, qu'il

détienne les certifications requises et possède l'expérience nécessaire. Se renseigner auprès de WorksafeBC pour connaître les règlements et les certifications requises.

6. **Temps requis :** De nombreux facteurs influent sur la quantité de travail pouvant être réalisée en une journée, comme les conditions météorologiques, l'emplacement, l'expérience de l'équipage, les défaillances et pannes du bateau et de l'équipement, etc. Il faut prévoir les activités de façon à tenir compte des conditions météorologiques, des disponibilités des plongeurs et du dépannage de l'équipement.
7. **Prise de données :** Les fiches techniques remplies doivent être examinées à la fin de chaque journée pour vérifier si les données ont été notées de façon lisible. À chaque emplacement de relevé, les assistants de plongée et les pilotes du bateau notent les informations de plongée (p. ex., nom des plongeurs, transect, heure de début, heure de fin, profondeur maximale), la latitude et la longitude (à l'aide d'un GPS) et veillent à ce que les plongeurs remplissent tous les champs de données requis des fiches techniques (comme le numéro de transect, l'emplacement, la date, les noms des plongeurs, etc.). Ces renseignements sont cruciaux pour les entrées de données et les vérifications d'erreur.
8. **Entrée de données :** Avant d'entrer les données, il faut vérifier toutes les fiches techniques pour voir s'il y a des erreurs et si l'information est lisible, ce qui requiert des personnes qualifiées. Il est recommandé d'entrer les données dans un tableur ou une base de données. Il faut faire très attention pendant l'entrée de données pour éviter les erreurs et assurer la précision des données. Un composant clé de la formation sur les évaluations d'impacts et les relevés de stocks de géniteurs est l'entrée de données (Lessard *et al.* 2002, 2007); les données doivent être entrées correctement, selon un format compatible avec les données du MPO, et il doit être possible de les vérifier et de les analyser avec les outils existants.
9. **Partage de données :** Si les données doivent être partagées, il faut déterminer qui aura accès à celles-ci avant de faire le relevé.
10. **Conséquences des relevés :** Il est essentiel de réduire au minimum les impacts environnementaux sur les populations d'ormeaux nordiques et leurs habitats pendant les relevés. Il faut réaliser les opérations de plongée et nautiques de façon responsable.
11. **Permis :** Pour faire le recensement d'espèces considérées comme menacées ou en voie de disparition en vertu de la LEP, comme l'ormeau nordique, il n'est pas obligatoire de détenir de permis à moins qu'il soit possible de nuire à des membres de l'espèce, de les blesser, de les capturer ou d'en prendre (p. ex., étiquetage ou relocalisation de membres de l'espèce). Toutefois, il est important d'avertir le bureau local de la Direction de la conservation et de la protection de toute activité liée à un relevé, ce qui comprend les secteurs spécifiques où ils auront lieu, bien avant leur début.

Recommandations pour la recherche future

- Faire des analyses quantitatives à partir de données de relevés effectués selon la méthode de Breen afin de déterminer le nombre de tels relevés requis pour avoir des estimations de densité suffisamment précises pour une section de ligne de côte donnée.
- Faire des analyses quantitatives à partir de données de relevés effectués selon la méthode des transects afin de déterminer le nombre de transects requis pour avoir des estimations de densité suffisamment précises.

Conclusions

Ce rapport montre un aperçu des trois méthodes de relevé utilisées pour évaluer les populations d'ormeaux nordiques en C.-B. : méthode de Breen, méthode des transects aléatoires et méthode des parcelles. Les objectifs du relevé déterminent la méthode employée. Ce document résume les points forts et les points faibles de chaque méthode ainsi que leur champ d'application et présente un survol de chacune d'elles.

La méthode de Breen a été élaborée pour évaluer la densité des populations d'ormeaux nordiques au fil du temps, mais ses résultats ne sont pas les plus représentatifs, les estimations de densité étant imprécises parce que les emplacements n'ont pas été choisis au hasard. Ils pourraient être choisis aléatoirement pour les relevés futurs.

La méthode des transects permet d'obtenir une estimation de la densité de façon objective dans un site ou un secteur en fonction de conditions d'habitat types. C'est une approche adéquate pour déterminer la répartition des populations et obtenir des estimations de densité de façon objective.

Finalement, la méthode des parcelles permet de se concentrer sur de petits secteurs avec des habitats spécifiques (p. ex., habitat optimal ou sites de rétablissement) ou sur des emplacements (p. ex., importance culturelle ou secteurs subissant des impacts environnementaux). C'est aussi la méthode optimale pour surveiller les tendances des populations sur une longue période de temps puisque les emplacements de relevé (désignés de façon permanente) sont les mêmes et la fréquence de relevé est élevée, ce qui normalement fait augmenter la précision des estimations. Les parcelles sont limitées à de petits secteurs (largeur de 40 m) et on y trouve une moins vaste gamme d'habitats. Les données ne sont peut-être pas représentatives de la densité moyenne d'un secteur plus grand, et il faut éviter de les considérer comme telles.

Collaborateurs

Collaborateur	Organisme d'appartenance
Leslie Barton	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Dominique Bureau	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Joel Harding	InStream Fisheries Research
Aleria Ladwig	MPO, Direction des espèces en péril, Région du Pacifique
Joanne Lessard	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Nicholas Komick	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Sean MacConnachie	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Lesley MacDougall	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Tammy Norgard	Secteur des sciences du MPO, Région du Pacifique
Caroline Wells	MPO, Direction des espèces en péril, Région du Pacifique

Approuvé par

Carmel Lowe
Directeur régional
Direction des sciences, Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada

Le 26 juillet 2016

Sources de renseignements

Atkins, M., Lessard, J. 2004. Survey of northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, populations along north-west Vancouver Island, British Columbia, May 2003. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2690: 12 p.

Breen, P.A., Adkins, B.E. 1979. A survey of abalone populations on the east coast of the Queen Charlotte Islands, August 1978. Fish. Mar. Serv. Manuscr. Rep. 1490: 125 p.

Bureau, D., Hand, C.M., Hajas, W. 2012. Stock Assessment Framework for the British Columbia Geoduck Fishery, 2008. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/121. viii + 79 p.

Campbell, A. 1996. An evaluation of abalone surveys off southeast Queen Charlotte Island. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2089: 111-131.

Campbell, A., Cripps, K. 1998. Survey of abalone populations at Stryker Island, Tribal Group and Simonds Group, central coast of British Columbia, May, 1997. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2451: 21 p.

COSEPAC. 2009. Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'ormeau nordique *Haliotis kamtschatkana* au Canada – Mise à jour. Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. vii + 51 p. (Consulté le 26 juillet 2016.)

Cripps, K., Campbell, A. 1998. Survey of abalone populations at Dallain Point and Higgins Pass, central coast of British Columbia, 1995-96. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2445: 31 p.

Duprey, N.M.T., Hand, C.M., Lochead, J., Hajas, W. 2011. Assessment Framework for Sea Cucumber (*Parastichopus californicus*) in British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/105. vi + 38 p.

Egli, T.P., Lessard, J. 2011. Survey of northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, population in the Strait of Georgia, British Columbia, October 2009. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2955: iii + 12 p.

Farlinger, S. 1990. Review of the biological basis for management of the British Columbia abalone fishery. Can. Manuscr. Rep. Aquat. Sci. 2099: 41-65.

Geiger, D.L. 1999. A total evidence cladistic analysis of the family Haliotidae (Gastropoda: Vetigastropoda). Thèse de doctorat, Université Southern California, Los Angeles. xix + 423 p.

Hankewich, S., Lessard, J. 2008. Resurvey of northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, populations along the central coast of British Columbia, May 2006. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2838: vi + 41 p.

Hankewich, S., Lessard, J., Grebeldinger, E. 2008. Resurvey of northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, populations in southeast Queen Charlotte Islands, British Columbia, May 2007. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2839: 37 p.

Lessard, J., Campbell, A., Hajas, W. 2002. Survey protocol for the removal of allowable numbers of northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, for use as broodstock in aquaculture in British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2002/126: 41 p.

Lessard, J., Campbell, A., Zhang, Z., MacDougall, L., Hankewich, S. 2007. Recovery Potential Assessment for the northern abalone (*Haliotis kamtschatkana*) in Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2007/061: 101 p.

Leus, D., Campbell, A., Merner, E., Hajas, W.C., Barton, L.L. 2014. Framework for Estimating Quota Options for the Red Sea Urchin (*Strongylocentrotus franciscanus*) Fishery in British Columbia Using Shoreline Length and Linear Density Estimates. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/094. vi + 68 p.

McLean, J. 1966. West American prosobranch gastropoda: Superfamilies Patellacae, Pleurotomariacea, and Fissurellacea. Doctorat, Université Stanford. 255 p.

Pêches et Océans Canada. 2007. Programme de rétablissement de l'haliotide pie (*Haliotis kamtschatkana*) au Canada. Série de Programmes de rétablissement de la *Loi sur les espèces en péril*. Pêches et Océans Canada, Vancouver. vi + 31 p.

Pêches et Océans Canada. 2012. Plan d'action pour l'haliotide pie (*Haliotis kamtschatkana*) au Canada. Série des plans d'action de la *Loi sur les espèces en péril*. Pêches et Océans Canada, Ottawa. x + 71 p.

Sloan, N.A., Breen, P.A. 1988. Northern abalone, *Haliotis kamtschatkana*, in British Columbia: fisheries and synopsis of life history information. Can. Spec. Public. Fish. Aquat. Sci. 103: 46 p.

Waddell, B., Zhang, Z., Perry, R.I. 2010. Stock assessment and quota options for the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, fishery in British Columbia, 2010-2013. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/027. vi + 36 p.

Annexes

Tableau A1. Codes de substrat pour relevés par plongée

Code	Substrat
1	Bois ou écorce
2	Substrat rocheux lisse
3	Substrat rocheux avec crevasses
4	Grosses pierres = plus grosses qu'un ballon de basketball
5	Galets = de la taille d'un poing à celle d'un ballon de basketball
6	Gravier = de 1 cm à la taille d'un poing
7	Gravier fin = de 0,2 à 1 cm
8	Sable < 2 mm
9	Vase
10	Coquilles écrasées, souvent vues sous la forme de banc coquillier de cirripèdes
11	Coquille, complète ou en morceaux

Tableau A2. Fiche technique de recensement pour méthode de Breen

Relevés d'ormeaux nordiques – fiches techniques hydrofuges Page ____ de ____

Secteur : _____ N° de site : _____ Date : _____

Resp. mesure : _____ Resp. prise de notes : _____

Commentaire : _____

N° de quadrat	Profondeur (pi)	Heure	Substrat	Longueur de coquille d'ormeau nordique (mm)	Nombre d'oursins	Prédateurs	Canopée	Sous-étage	Gazon algal	En %

Codes de substrat : 1 Substrat rocheux lisse 2 Substrat rocheux avec crevasses 3 Grosses pierres 4 Galets 5 Gravier 6 Gravier fin 7 Sable 9 Vase 10 Coquille écrasée 11 Coquille complete

Codes d'algues généraux : (combinaison de deux codes ci-dessous)

EN incrustantes (plates)
AC Corallines géniculées

Gazon algal (GR)
PH *Phyllospadix*
ZO *Zostera marina*

B Algues brunes
R Algues rouges
G Algues vertes
F Feuillues (phylloïdes)
B Ramifiées (arborescentes)
H Filamenteuses (comme des cheveux)

Codes d'algues particuliers :

AG *Agarum sp*
AB *A cribosum*
AF *A fimbriatum*
AL *Alaria sp*
AM *A marginata*
AA *A nana*
CF *Codium fragile*
CO *Costaria*
CY *Cymathere*
DE *Desmarestia sp*
DL *D ligulata*
DV *D viridis*
GI *Gigartina sp*
IR *Iridea sp*
LA *Laminaria sp*
LB *L bongardiana*
LS *L saccharina*
LT *L setchellii*
EG *Egregia*
MA *Macrosystis*
NT *Nereocystis*
PL *Pleurophycus*
PT *Pterygophora*
UL *Ulva sp*

*Les codes d'algues peuvent varier en fonction des protocoles du MPO plus récents, des aptitudes des plongeurs ou du niveau de détail désiré.

Tableau A3. Fiche technique de recensement pour méthode des transects

Relevé d'ormeaux nordiques – transect

Page ____ de ____

Nom du site : _____ Numéro de dossier : _____ Date : _____

Resp. mesure : _____ Resp. prise de notes : _____ Heure de début : _____ Heure de fin : _____

LAT : _____ LONG : _____ Direction (relèvement en degrés) : _____

N° de transect : _____

N° de quadrat	Profondeur (pi)	Heure	Substrat	Longueur de coquille d'ormeau nordique (mm)	Nombre d'oursins	Prédateurs	Canopée	Sous-étage	Gazon algal	En %

Codes de substrats : 1= Substrat rocheux lisse, 2 = Substrat rocheux avec crevasses, 3 = Grosses pierres, 4 = Galets, 5 = Gravier, 6 = Gravier fin, 7 = Sable, 9 = Vase, 0 = Bois/écorce 10 = Coquille écrasée, 11 = Coquille complète/en morceaux

Codes d'algues généraux : (combinaison de deux codes ci-dessous)

Couleur – morphologie
G Algues vertes
B Algues brunes
R Algues rouges
B Ramifiées
F Feuillues
H Filamenteuses

Algues vertes
SA *Sargassum*
CL *Cladophora*
Codium sp :
Gazon algal
CR *Cryptopleura*
PH *Phyllospadix*
FA *Fauchea*
ZO *Zostera*
GI *Gigartina sp*
AC Corallines géniculées
BH *Diatom Mats*
BT *Beggiatoa*
DB *Dictyota*

Algues brunes
AP *Acrosiphonia*
AB *A clathratum*
AF *A fimbriatum*
CF *C fragile*
CS *C setchellii*
UL *Ulva*
CP *Colpomenia*
CO *Costaria*
CG *Cystoseria*
CY *Cymathere*

Desmarestia sp :
Agarum sp :
DF *D foliacea*
DL *D ligulata*
Alaria sp :
AA *A nana*
AM *A marginata*
EG *Egregia*
EI*Elisenia*
FU *Fucus*
HE *Hedophyllum*
PT *Pterygophora*

Laminaria sp :
DA *D aculeata*
LS *L saccharina*
LT *L setchelii*
DM *D munda*
DV *D viridis*
DY *Dictyoneurum*
MA *Macrocystis*
NT *Nereocystis*
PV *Pelvetiopsis*
PL *Pleurophycus*
PR *Prionitis*

SL *Scytosiphon*
LB *L bongardiana*

Algues rouges
CN *Constantinea*
LY *L yezoensis*
LE *Leathesia*
LO *Lessoniopsis*
GR *Gracilaria*
HA *Haloscaccion*
IR *Iridea sp*
PO *Porphyra*

*Les codes d'algues peuvent varier en fonction des protocoles du MPO plus récents, des aptitudes des plongeurs ou du niveau de détail désiré.

Tableau A4. Fiche technique de recensement pour méthode des parcelles

Relevé d'ormeaux nordiques – parcelle Page ____ de ____

Nom du site : _____ Numéro de dossier : _____ Date : _____

Resp. mesure : _____ Resp. prise de notes : _____ Heure de début : _____ Heure de fin : _____

LAT : _____ LONG : _____

Ligne de référence : **Eaux peu profondes ou profondes** Emplacement : _____ Numéro de parcelle : _____

Emplacements de départ des transects : À déterminer de façon aléatoire pour chaque parcelle Point de dép. **Vers le haut ou le bas**

Hauteur de la marée : _____

N° de quadrat	Profondeur (pi)	Heure	Substrat	Longueur de coquille d'ormeau nordique (mm)	Nombre d'oursins	Prédateurs	Canopée	Sous-étage	Gazon algal	En %

Codes de substrats : 1= Substrat rocheux lisse, 2 = Substrat rocheux avec crevasses, 3 = Grosses pierres, 4 = Galets, 5 = Gravier, 6 = Gravier fin, 7 = Sable, 9 = Vase, 0 = Bois/écorce 10 = Coquille écrasée, 11 = Coquille complète/en morceaux

Codes d'algues généraux : (combinaison de deux codes ci-dessous)

Couleur – morphologie
G Algues vertes
B Algues brunes
R Algues rouges

B Ramifiées
F Feuillues
H Filamenteuses

Algues vertes

Gazon algal
PH *Phyllospadix*
FA *Fauchea*
ZO *Zostera*
AC Corallines géniculées
BH *Dialom Mats*
BT *Beggiatoa*
DB *Dictyota*
SA *Sargassum*
CL *Cladophora*
Codium sp :
CF *C fragile*
UL *Ulva*
CY *Cymathere*

Algues brunes

AP *Acrosiphonia*
AB *A clathratum*
AF *A fimbriatum*
Alaria sp :
CS *C setchellii*
AM *A marginata*
CP *Colpomenia*
CO *Costaria*
CG *Cystoseria*
HE *Hedophyllum*
PT *Pterygophora*
Desmarestia sp :
Agarum sp :
DF *D foliacea*
DL *D ligulata*
DM *D munda*
AA *A nana*
DY *Dictyoneurum*
EG *Egregia*
EI *Elisenia*
FU *Fucus*
PL *Pleurophycus*
PR *Prionitis*
Laminaria sp :
DA *D aculeata*
LS *L saccharina*
LT *L setchelii*
LY *L yezoensis*
DV *D viridis*
LO *Lessoniopsis*
MA *Macrocystis*
NT *Nereocystis*
PV *Pelvetiopsis*
PO *Porphyra*
SL *Scytosiphon*
LB *L bongardiana*

Algues rouges
CN *Constantinea*
CR *Cryptopleura*
LE *Leathesia*
GI *Gigartina sp*
GR *Gracilaria*
HA *Haloscaccion*
IR *Iridea sp*

*Les codes d'algues peuvent varier en fonction des protocoles du MPO plus récents, des aptitudes des plongeurs ou du niveau de détail désiré.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Pacifique
Pêches et Océans Canada
3190, chemin Hammond Bay
Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7

Téléphone : (250) 756-7208
Courriel: csap@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet: www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2016

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2016. Examen des méthodes de relevés d'ormeau nordique par plongée effectués en Colombie-Britannique. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2016/044.

Also available in English:

DFO. 2016. Review of Dive Survey Methods for Northern Abalone in British Columbia. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2016/044.